

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Problem Image Mailbox.**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑪ DE 3439549 A 1

⑤1 Int. Cl. 4:  
C02F 11/12

②1 Akt nzeichen: P 34 39 549.0  
②2 Anmeldetag: 29. 10. 84  
④3 Offenlegungstag: 19. 12. 85

DE 3439549 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
08.06.84 DD WPC02F/263 990 5

⑦1 Anmelder:

VEB Projektierung Wasserwirtschaft Stammbetrieb  
des Kombines Wassertechnik und Projektierung  
Wasserwirtschaft, DDR 4020 Halle, DD

⑦2 Erfinder:

Ott, Peter, Dr.-Ing., DDR 8010 Dresden, DD; Feller,  
Reinhold, DDR 7901 Stolzenhain, DD; Ott, Holger,  
DDR 8045 Dresden, DD

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Konditionierung von organischem Schlamm

Die Erfindung betrifft die Konditionierung von organischen Schlämmen z. B. aus der Abwasserbehandlung zur Verbesserung des Entwässerungsverhaltens, der Reduzierung der Masse und des Volumens und der Verhinderung des Faulens bei der weiteren Verwendung.

Ziel der Erfindung ist die Konditionierung bei geringem Energieeintrag und ohne Verwendung von Chemikalien.

Erfindungsgemäß wird der Schlamm mit mindestens 0,5% organischer Trockensubstanz ständig oder in vorbestimmten Abständen auf eine Frequenz von mindestens 0,3 s<sup>-1</sup> erregt, wobei gleichzeitig Sauerstoff eingetragen wird. Zur Schwingungserzeugung eignen sich insbesondere rotierende Körper oder Vibratoren. Die Trockensubstanz wird dabei bis über 80% bei Umgebungstemperatur reduziert. Das Schlammvolumen verringert sich auf weniger als 5%.

1. Verfahren zur Konditionierung von organischem Schlamm, bei dem der Schlamm mit mechanischer Energie oder Schwingungen erregt wird, gekennzeichnet dadurch, daß ein mindestens 0,5 % organische Trockensubstanz enthaltender Schlamm ständig oder in vorbestimmten Abständen auf eine Frequenz von mindestens  $0,3 \text{ s}^{-1}$  erregt und gleichzeitig Sauerstoff eingetragen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Erregung und die Eintragung von Sauerstoff in einem abgegrenzten Bereich des in einem Konditionierungsreaktor befindlichen Schlammes erfolgen, wobei dieser Bereich in vorbestimmten Zeitabständen oder kontinuierlich durch den Konditionierungsreaktor bewegt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß nach 2 bis 5 Stunden Behandlungszeit außerhalb des abgegrenzten Bereiches anaerobe Bedingungen eingestellt werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schlamm bis zum Erreichen einer Redoxpotentialerhöhung um 300 ... 500 mV behandelt wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß nach 90 ... 180 min nach Beginn der Behandlung keine Schlammzugabe mehr erfolgt.
6. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schlamm vor Eintrag von Sauerstoff in einen 30-... 120-minütigen anaeroben Zustand versetzt wird.
7. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß Schlamm mit 16 bis 40 g/l organischer Trockensubstanz ständig oder in vorbestimmten Abständen auf eine Frequenz von 0,6 bis  $1,2 \text{ s}^{-1}$  erregt wird.

4  
3439549

8. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schlamm während der Behandlung kontinuierlich entwässert wird.
9. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die gasförmigen Stoffwechselprodukte aus dem Schlamm ausgetragen werden.
10. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß der Schlamm während der Behandlung gewaschen wird.
11. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß dem Schlamm während der Behandlung ein körniges Material mit einer von Wasser verschiedenen Dichte zugegeben wird.
12. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Schwingungserzeugung durch einen rotierenden Körper erfolgt.
13. Verfahren nach Punkt 1, 2, 8, 11 und 12, gekennzeichnet dadurch, daß der Schlamm auf eine körnige Filterschicht aufgebracht wird und durch den rotierenden Körper erregt wird, wobei durch den rotierenden Körper in vorbestimmten Abständen der obere Bereich der Filterschicht aufwirbelt und das Filterkorn mit dem Schlamm in Kontakt gebracht wird.
14. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Schwingungserzeugung durch einen Vibrator erfolgt.

## Verfahren zur Konditionierung von organischem Schlamm

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft die Konditionierung von Schlämmen, die einen wesentlichen Teil organischer Inhaltsstoffe enthalten. Das sind vor allem Schlämme aus der Wasserbehandlung und der Biotechnologie. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur Verbesserung des Filtrierverhaltens, zur Verhinderung des Faulens während der Zeit der weiteren Bearbeitung und zur Reduzierung der Masse und des Volumens des Schlammes.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei der Behandlung organischer Schlämme sind folgende Zielstellungen zu erreichen:

1. Erhöhung der Schlammkonzentration zur Volumeneinsparung für weitere Verarbeitungsprozesse;
2. Verbesserung der Entwässerbarkeit zur Erzeugung eines festen Produktes, z. B. für die Vorbereitung zur Behandlung auf Schlammmentwässerungsplätzen, die künstliche Filtration oder die Zentrifugation;
3. Verhinderung des Faulens während der Zeit der weiteren Verarbeitung oder ständig (Stabilisierung);

29.10.64

U

2

- 4 -

3439549

#### 4. Desinfektion des Schlammes.

Zur Erhöhung der Konzentration der Schlämme wird vor allem die Sedimentation in Eindickern oder die Flotation eingesetzt. Die Masse der Trockensubstanz wird dabei nicht, das Volumen um ca. 50 % verringert. Mit Hilfe der Sedimentation können nur geringe Feststoffgehalte erreicht werden. Zur Erhöhung der Eindickgeschwindigkeit ist bekannt, im Eindicker Krährlwerke anzuordnen. Weiterhin ist bekannt, Vibratoren einzusetzen. Dadurch erfolgt ein Zusammenrütteln der Feststoffe und das Wasser wird abgegeben. Weitergehende Wirkungen dieser Verfahrensweise sind nicht bekannt.

Eine Verbesserung des Entwässerungsverhaltens wird neben den Stabilisierungsverfahren durch die Zugabe von Flockungsmitteln und die thermische Behandlung erreicht. Weiterhin ist bekannt, bei der Behandlung von Belebtschlamm durch hochfrequente Schwingungen (Ultraschall) eine homogene disperse Kolloidmasse zu erreichen. Dieses Verfahren kann nur im Zusammenhang mit einer nachfolgenden chemisch-physikalischen Flockung eingesetzt werden, da nach der Zerstörung der Belebtschlammflocken eine erneute Flockenbildung erforderlich ist.

Die Stabilisierung erfolgt derzeit überwiegend nach dem anaeroben oder aeroben Verfahren. Eine bedeutende Verkürzung der Behandlungszeit wird mit der vom Anmelder entwickelten enzymatischen Schlammstabilisierung erreicht. Der Energieeinsatz beträgt dabei ca.  $7,5 \text{ kWh/m}^3$  Schlamm.

Aerobe Konditionierungsverfahren, die unter psychrophilen und mesophilen Bedingungen wirken, haben eine Zeitdauer von 10 bis 17 Tagen, unter thermophilen Bedingungen wurden 3,5 bis 5 Tage erreicht.

#### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zu finden, mit dem bei guter Entwässerbarkeit von Schlämmen die Konditionierungszeit stark verringert wird. Der notwendige Energieeintrag soll gering sein und auf den Einsatz von Chemikalien

3439549<sup>3</sup>

-5-

und Fermenten soll verzichtet werden. Der Schlamm soll in der nachfolgenden Entwässerungsstufe nicht faulen und deren Effektivität durch starke Volumen- und Massereduzierung erhöhen.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, das durch Schaffung von optimalen Bedingungen für die Entwicklung von Mikroorganismen in bisher nicht erkannter Reihenfolge und durch Kombination von Prozeßstufen, die sich technisch bisher nicht vereinigen ließen, eine Änderung der Verteilung der Häufigkeit der einzelnen systematischen Gruppen der Mikroorganismen und durch Beseitigung der unter natürlichen Bedingungen gebildeten Inhibitoren durch Überproduktion eine Erhöhung deren Aktivität erzielt wird, die zu einer radikalen Verkürzung des Ablaufes des Gesamtprozesses der aeroben Stabilisierung von organischen Schlämmen und zu einer signifikanten Verringerung des Volumens der Schlämme bei gleichzeitiger Verringerung der Masse der Trockensubstanz führen. Durch Ablauf des Prozesses unter psychrophilen Bedingungen (Vorzugstemperatur 285 ... 291 K) und Schaffung von elektrokinetischen, physiko-chemischen und physiko-mechanischen Randbedingungen sowie durch Wirkung katalytischer Aktivatoren und Beseitigung von Inhibitoren soll eine hohe Energieeinsparung und Verringerung des benötigten Reaktorraumes ermöglicht werden.

Durch die Anmelder wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem Suspensionen durch eine feinkörnige Filterschicht filtriert werden. Die Entfernung der abfiltrierten Stoffe erfolgt kontinuierlich ohne Unterbrechung des Filterprozesses durch eine Schmutzwasserpumpe aus einem Gerät, das einen bestimmten Raum abgrenzt, und in diesem eine des zu filtrierenden Wasser entgegengesetzte Strömungsrichtung zur Säuberung der Filterschicht erzeugt. Durch eine rotierende Walze wird der Reinigungsprozeß des Sandes unterstützt, wodurch eine mechanisch-hydraulische Regenerierung der Filteroberfläche erreicht wird. Mit dem Ziel der Entwässerung wurde bei der Beschickung der Filtereinrichtung mit Schlamm, der organische Stoffe enthält, folgendermaßen vorgegangen:

Überschußschlamm aus Belebungsanlagen (allein und in Mischung mit Primärschlamm unbehandelt und voreingedickt) wurde auf den Filter gebracht. Dieser wurde durch die hin- und zurückfahrende Reinigungstrommel in bestimmten Abständen regeneriert. Dabei wurde aus dem Schlamm während der Filtration im zu erwartenden Maße Filtrat entfernt. Der spezifische Filterwiderstand änderte sich dabei je nach Temperatur des Schlammes in den ersten 2 bis 3,5 Stunden nicht signifikant.

Nach Ablauf dieser Zeit wurde überraschenderweise festgestellt, daß sich die Struktur des Schlammes schlagartig völlig änderte. Es trat eine deutlich sichtbare Flockenbildung ein, die strukturell anders geartet war, als die amorphen Flocken des Belebtschlammes. Bei näherer Untersuchung wurde ein sehr hoher Anstieg des Redoxpotentials um 300 ... 500 mV und ein plötzliches Absinken des spezifischen Sauerstoffverbrauches der Mikroorganismen um 1,2 mg/(l.min) Sauerstoff festgestellt. Danach sank das Redoxpotential rasch um 200 ... 400 mV auf +10 mV ab.

Trotz der sehr kurzen Behandlungszeit trat während der anschließenden natürlichen oder mechanischen Entwässerung keine Fäulnis des Schlammes ein. Bei Fortführung der Behandlung verschlechterten sich diese Parameter während der folgenden 3 bis 4 Stunden wieder, wonach sich dann erneut der gleiche Effekt der plötzlichen Verringerung des spezifischen Filterwiderstandes und des Eintretens guter Entwässerungseigenschaften einstellten.

Der beschriebene Effekt trat besonders stark auf, wenn der Belebtschlamm vor der Behandlung kurzzeitig anaeroben Bedingungen unterworfen wurde.

Es wurde weiterhin festgestellt, daß der Effekt auch auftritt, wenn die Trommel nicht in die Sandschicht eintaucht und wenn keine Flüssigkeit abfiltriert wird. Dabei verminderte sich allerdings die Intensität. Die Wirkung schwächte sich auch ab, wenn während des Prozesses nach den ersten 90 min weiterer Schlamm zugeführt wurde.

Wenn die Trommel nicht innerhalb des abgeschlossenen Raumes wirkte, trat nur eine einmalige Veränderung der Schlammstruktur auf.



3439549

Auf der Grundlage dieser Entdeckung wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß mindestens 0,5 % organische Trockensubstanz enthaltender Schlamm ständig oder in vorbestimmten Abständen auf eine Frequenz von mindestens  $0,3 \text{ s}^{-1}$  erregt wird und gleichzeitig Sauerstoff eingetragen wird.

Die Erregung und der Sauerstoffeintrag können gleichzeitig im gesamten Reaktorvolumen erfolgen, es ist aber vorteilhaft, um den entdeckten Effekt vollständig auszunutzen, dazu ein Teilvolumen abzugrenzen, wobei dieser Bereich in vorbestimmten Zeitabständen oder kontinuierlich durch den Konditionierungsreaktor bewegt wird. Somit wird in einem bestimmten Zyklus das gesamte Schlammvolumen nacheinander in Schwingungen versetzt und belüftet. Nach 2 bis 5 Stunden Behandlungszeit ist es erforderlich, außerhalb des abgegrenzten Bereiches anaerobe Bedingungen einzuhalten. Durch die Ortsveränderung dieses abgegrenzten Bereiches innerhalb des Reaktors erfolgt ein ständiger Wechsel von aeroben und anaeroben Bedingungen, der für die zweite Phase der Schlammkonditionierung notwendig ist.

Es ist vorgesehen, den Schlamm bis zum Erreichen einer Redoxpotentialerhöhung um 300 ... 500 mV zu behandeln. Nach einer Behandlungszeit von 90 bis 180 min erfolgt keine Schlammzugabe mehr. Weiterhin wird der Schlamm vor der Belüftung 30 bis 120 min in einen anaeroben Zustand versetzt. Als bevorzugter Frequenzbereich werden 0,6 bis  $1,25 \text{ s}^{-1}$  gewählt. Der bevorzugte Gehalt an organischer Trockensubstanz beträgt 16 bis 40 g/l.

Der Prozeß wird dadurch intensiviert, daß der Schlamm während der Behandlung kontinuierlich entwässert wird. Die gasförmigen Stoffwechselprodukte werden aus dem Schlamm insbesondere durch die Belüftung ausgetragen. Die gelösten werden mit dem Filtrat ständig entfernt. Weiterhin erfolgt eine Schlammwaschung.

Die Entwässerungseigenschaften des Schlammes werden erheblich verbessert, wenn dem Schlamm während der Behandlung ein körniges Material mit einer von Wasser verschiedenen Dichte zugegeben wird.

Die Schwingungserzeugung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Dazu eignen sich insbesondere rotierende Körper oder Vibratoren.

3439549

Besonders vorteilhaft werden alle Prozeßbedingungen verwirklicht, wenn der Schlamm auf eine körnige Filterschicht aufgebracht wird. Die Erregung erfolgt dabei durch einen rotierenden Körper. Dieser befindet sich innerhalb eines abgegrenzten Raumes, der über die Filteroberfläche bewegt wird. Dabei werden mehrere zusätzliche Wirkungen erreicht:

- die Regenerierung der Filterschicht zur Schlamm entwässerung
- die Aufwirbelung von Sand zur Verbesserung des Dispersionsgrades
- die Belüftung in einem abgegrenzten ortsveränderlichen Bereich.

Die Behandlung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren führt zunächst zum Verbrauch der exogenen Energiequellen, wonach die endogene Atmung einsetzt.

Auf Grund der hohen Konzentration an organischen Stoffen, der überdurchschnittlichen Atmungsaktivität der Mikroorganismen und dem verfahrensbedingten Fehlen der natürlichen Inhibitoren stirbt die vorhandene Massenpopulation der Bakterien schlagartig ab, wodurch die gebildeten Biopolymere, die hochmolekularen Eiweißverbindungen und die an den Zellaußenwänden adsorbierten Außerzellpolymere einen Flockungsprozeß hervorrufen. Die Flockenbildung kann dadurch gefördert werden, daß mit dem Schlamm ein körniges Material (z. B. Sand) aufgewirbelt wird, wodurch die mechanische Einwirkung der Erregung auf den Dispersionsgrad des Schlammes wesentlich verstärkt wird.

Bis zu diesem Zeitpunkt ist wegen des stark angestiegenen Redoxpotentials die Mehrzahl der pathogenen Bakterien abgestorben. Der spezifische Sauerstoffverbrauch sinkt plötzlich auf den Wert der endogenen Atmung ( $\Delta A = 1,2 \text{ mg O}_2 (1 \cdot \text{min})$ ), bei gleichzeitigem Absinken des pH-Wertes. Der Schlamm ist zu diesem Zeitpunkt technisch stabilisiert, das heißt auf Dauer fäulnisunfähig, geruchsarm und entwässerbar, bei Volumen auf  $> 50 \%$  und die Trockensubstanz bezogen auf die Ausgangsmenge um  $> 20 \%$  verringert.

3439549

Wird der Prozeß über diese Stufe hinaus in gleicher Weise fortgeführt, wobei außerhalb des abgegrenzten Bereiches anaerobe Bedingungen eingehalten werden, erfolgt in den nächsten 3 bis 4 Stunden eine hocheffektive, kombinierte Nitri- und Denitrifikation der Stickstoffverbindungen.

Nach dem Verbrauch der exogenen Energiequellen werden die inneren Reserven (Polysaccharide, Fette) angegriffen. Die endogene Atmung verbraucht diese Stoffe, wonach schließlich die Oxydation des Zelleiweißes erfolgt. Gleichzeitig beginnt der Prozeß der Oxydation des bei der biochemischen Oxydation der organischen Stoffe freigesetzten Ammoniaks zu  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_3$ .

Da dieser Prozeß sauerstoffintensiv ist, steigt der spezifische Sauerstoffverbrauch stark an. Wird die Sauerstoffzufuhr auf einen sich über die Flüssigkeitsoberfläche bewegenden abgegrenzten Raum beschränkt, laufen in diesem intensive Nitrifikationsvorgänge ab, wobei Salpetersäure freigesetzt wird. Diese bewirkt, wenn sie nicht aus dem System entfernt wird, eine Senkung des pH-Wertes und verbunden damit, eine Verzögerung des Prozeßablaufes.

Bewegt sich der abgegrenzte sauerstoffangereicherte Raum weiter, wird auf Grund des sehr hohen spezifischen Sauerstoffverbrauchs der Nitrifikationsprozesse in wenigen Minuten der gelöste Sauerstoff vollständig aufgebraucht. Durch die Eigenschaft der denitrifizierenden Bakterien als fakultativ anaerobe Mikroorganismen werden sie in diesem Augenblick aktiv. Unter Nutzung der bei der endogenen Atmung abgetöteten Bakterien als organische Substanz, die als Wasserstoffdenator dient und der bei der Nitrifikation gebildeten Salpetersäure, wird durch diese Bakterien unter anaeroben Bedingungen die dissimilative Nitratreduktion zu  $\text{N}_2$  durchgeführt. Parallel dazu verläuft die assimilative Nitratreduktion zu organischem Stickstoff (Zelleiweiß).

Nach 3 bis 4 Stunden tritt wieder plötzlich eine Änderung der Schlammeigenschaften ein. Er wird gut entwässerbar. Die weitere Sauerstoffzufuhr trägt dazu bei, daß durch die erneut gebildeten Mikroorganismen die noch vorhandenen biologisch abbaubaren organischen Substanzen oxydiert werden. Zu diesem Zeitpunkt ist

der Schlamm auf ca. 9 % seines Ausgangsvolumens und um 70 %<sup>3439549</sup> der Masse der Trockensubstanz verringert. Nach weiteren 2 bis 4 Stunden verringert sich das Volumen auf  $< 5 \%$  und die Masse der Trockensubstanz auf  $< 20 \%$ , bei guten Entwässerungseigenschaften.

Durch die Eigenschaft der Bakterien, in Zeiten mit Mangel an lebenswichtigen Elementen (Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Sauerstoff) ihre inneren Reserven anzugreifen, entsteht eine intrazelluläre Verarmung an wichtigen Elementen. Gelangen die Bakterien nach diesen Mangelzeiten in Gebiete, in denen Überschuss an diesen Elementen herrscht, findet eine Überkompensation statt. Durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung wird dadurch eine bisher nicht gekannte Intensivierung der Biotechnik ohne Zusatz von Enzymen oder Chemikalien unter psychrophilen Bedingungen erreicht, wodurch Reaktionszeiten einschließlich der Schlammeindickung von 4 bis 12 Stunden gegenüber 3,5 bis 5 Tagen bei der thermophilen und mesophilen aeroben Schlammstabilisierung bei geringerem Energie- und Investitionsaufwand erzielt werden. Durch die Reduzierung der Masse und des Volumens des organischen Schlammes und den niedrigen spezifischen Filterwiderstand wird anschließende Entwässerung um 300 bis 500 % effektiver, die Schlammeindicker zur Vor- und Nachreinigung entfallen völlig.

## Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel beschrieben werden:

In einer Abwasserbehandlungsanlage mit  $210.000 \text{ m}^3/\text{d}$  Tageskapazität fallen  $1470 \text{ m}^3/\text{d}$  Primärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von  $40 \text{ g/l}$  (davon  $65 \% \text{ org. TS}$ ),  $5026 \text{ m}^3/\text{d}$  Belebtschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von  $15 \text{ g/l}$  und  $1470 \text{ m}^3/\text{d}$  Belebtschlamm mit einem solchen von  $1 \% \text{ an}$ .

In zwei Stapelbehältern wird wechselseitig der anfallende Schlamm nach intensiver Belüftung  $0,5$  bis  $2$  Stunden anaeroben Bedingungen unterworfen. Die psychrophile aerob/anaerobe Schlammstabilisierung erfolgt in offenen Becken, die eine Tiefe von  $1,5 \text{ m}$  aufweisen. Auf der abgedichteten Sohle befindet sich eine Drainageschicht von  $0,1 \text{ m}$  Stärke mit einem Drainagerohr je lfd. Beckenbreite in Sand der Körnung  $0,6 \dots 1,2 \text{ mm}$ . Darüber ist eine Feinsandschicht von  $30 \text{ cm}$  der Körnung  $0,4 \dots 0,63 \text{ mm}$  angeordnet. Die freie Beckentiefe beträgt  $1,1 \text{ m}$ . In Längsrichtung verfahrbar befindet sich auf dem Becken eine Vorrichtung, bei der in einem abgeschlossenen Raum eine rotierende Walze sowohl die oberste Schicht des Feinsandfilters aufwirbelt als auch Sauerstoff in den Schlamm einträgt und gleichzeitig gebildete gasförmige Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen austreibt. Zusätzlich kann der Sauerstoffeintrag in das Gerät während des Prozeßablaufes mit sehr hohem spezifischen Sauerstoffbedarf durch Anordnung von Zusatzbelüftern unterstützt werden.

Der im Stapelbehälter anaeroben Bedingungen unterworfenene Schlamm wird in  $20 \dots 60$  Minuten über eine Intensivbelüftungseinrichtung in einer Menge von  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$  Filterfläche in die Becken für die psychrophile aerob/anaerobe Schlammstabilisierung gebracht.

Mit Beginn der Füllung wird die Vorrichtung mit einer Geschwindigkeit von  $1,5 \text{ m/min}$  in Längsrichtung über das Becken bewegt, wobei sich die Walze mit einer Geschwindigkeit von  $60 \text{ s}^{-1}$  dreht und  $4 \dots 6 \text{ cm}$  in die Feinsandschicht eintaucht.

Das Redoxpotential steigt von -200 mV auf +100 ... 400 mV und darüber an. Der spezifische Sauerstoffbedarf steigt gleichfalls auf 1,8 ... 2,0 mg O<sub>2</sub>/(1 · min), um nach 90 bis 120 min plötzlich auf 1,2 ... 0,5 mg O<sub>2</sub>/(1 · min) abzufallen. Gleiche Tendenz ist beim pH-Wert feststellbar.

Die Vorrichtung erreicht neben dem hohen Sauerstoffeintrag und dem Austrag von Inhibitoren des Stoffwechselvorganges eine sehr gute Vermischung und Dispergierung des Schlammes, wodurch sehr gute Lebensbedingungen für die Mikroorganismen, die organische Stoffe abbauen, geschaffen werden.

Nach 90 bis 180 Minuten sind etwa 40 % der flüssigen Phase als Filtrat mit den darin gelösten biochemisch schwer abbaubaren Stoffen und anderen gelösten Verbindungen entfernt. Die exogene Atmung der vorhandenen Massenpopulation erreicht ihr Ende. Diese Bakterien sterben ab, es beginnt die Phase der endogenen Atmung und der Nitrifikation des entstandenen Ammoniaks. Die Wasserabgabefähigkeit des Schlammes sinkt signifikant ab. In diesem Stadium ist der Schlamm auf Zeit fäulnisunfähig und kann zur Kompostierung, Entwässerung oder anderer weiterer Bearbeitung zugeführt werden.

Wird die Behandlung fortgesetzt, wird durch nitrifizierende Bakterien NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zu HNO<sub>2</sub> und HNO<sub>3</sub> oxydiert. Um eine unter diesen Bedingungen normalerweise eintretende starke pH-Wert-Reduzierung zu vermeiden, die durch die entstehende Salpetersäure verursacht wird, werden HNO<sub>2</sub> und HNO<sub>3</sub> parallel und gleichzeitig zum Nitrifizierungsprozeß im anaeroben Zustand zu gasförmigen N<sub>2</sub> durch fakultativ anaerobe Denitrifikanten im gleichen Wasserkörper reduziert.

Dieser Vorgang wird dadurch ermöglicht, daß in der Vorrichtung eine technisch erreichbare Sauerstoffsättigung eingestellt wird. Außerhalb der Vorrichtung wird auf Grund des im Nitrifikationsprozeß sehr hohen spezifischen Sauerstoffbedarfs (über 3 mg O<sub>2</sub>/(1 · min)) der gelöste Sauerstoff in wenigen Minuten völlig aufgebraucht. Während des nunmehr vorhandenen anaeroben Zustandes wird die gebildete Salpetersäure sofort reduziert. Dieser Prozeß hält an, bis die Vorrichtung wieder sauerstoffgesättigtes Wasser schafft und so im Wechsel die Nitri- und Denitrifikation abläuft.

3439549

Durch die ständige Aufwirbelung des Filtersandes ist neben der guten Dispergierung des Schlammes eine Feststoffphase zum Aufwuchs der Bakterien vorhanden, wodurch für die Regeneration wesentlich günstigere Bedingungen als im Wasserkörper vorhanden sind.

Nach 4 bis 5 Stunden erreicht dieser Prozeß seinen Höhepunkt. Die Wasserabgabefähigkeit des Schlammes verbessert sich plötzlich wieder, wobei der spezifische Filterwiderstand des Ausgangsschlammes von  $2,66 \cdot 10^{11}$  cm/g auf  $1,98 \cdot 10^{11}$  cm/g sinkt.

Nach 5 bis 7 Stunden sind 80 bis 92 % der flüssigen Phase des Schlammes als Filtrat abgegeben. Die Masse der gesamten zugeführten Trockensubstanz wurde dabei auf 18 % verringert. Der Schlamm ist fäulnisunfähig.

Die pathogenen Bakterien sind auf Grund des hohen Redoxpotentialanstiegs während der Behandlung nicht mehr lebensfähig. Der verbleibende Schlamm kann in weiteren Stufen entwässert werden, wobei auf Grund des geringen spezifischen Filterwiderstandes und der guten Entwässerungseigenschaften eine hohe Effektivität erreichbar ist, da die den Eindickungs- und Flockungsprozeß störenden Stickstoffverbindungen zu diesem Zeitpunkt nicht mehr wirksam und ein für das Kolloidsystem günstiger pH-Wert-Bereich und ein vorteilhaftes elektrokinetisches Potential erreicht werden.

## Process for conditioning organic sludg

Patent Number: GB2159808  
 Publication date: 1985-12-11  
 Inventor(s): OTT PETER; FELLER REINHOLD; OTT HOLGER  
 Applicant(s): PROJEKT WASSERWIRTSCHAFT VEB  
 Requested Patent: DE3439549  
 Application Number: GB19840028297 19841108  
 Priority Number(s): DD19840263990 19840608  
 IPC Classification: C02F3/06; C02F1/34; C02F3/30; C02F11/00  
 EC Classification: C02F1/34; C02F3/12S; C02F11/12C  
 Equivalents: AT343584, DD234159, FR2565580

### Abstract

The process relates to the conditioning of organic sludges, for example, from effluent treatment, in order to improve the water extraction capability, to reduce the mass and the volume, and to prevent decomposition during further application. The conditioning is achieved with low energy input and without the use of chemicals. The sludge, containing at least 0.5 % organic dry substance, is excited constantly or at predetermined intervals, to a frequency of at least  $0.3 \text{ s}^{-1}$ , while at the same time injecting oxygen. To induce oscillation/vibration, the use of rotating bodies or vibrators has been found particularly advantageous. As a result, the dry substance is reduced by more than 80 % at ambient temperature. The sludge volume reduces to less than 5 %.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

## Description

### SPECIFICATION

#### Process for conditioning organic sludge

The invention relates to the conditioning of sludges which contain a substantial proportion of organic constituents. These are mainly sludges deriving from water-treatment and from biotechnology. The process according to invention is particularly suitable for improving the filtration behaviour, for preventing decomposition during the period of further treatment, and for reducing the mass and volume of the sludge.

In the treatment of organic sludges, the following objectives are set:

1. Increasing the sludge concentration to reduce the volume for subsequent treatment processes;
2. Improving the hydroextraction capacity to achieve a solid product, e.g. for the preparation for treatment at sludge hydroextraction sites, the artificial filtration or the centrifuging action;
3. Preventing the decomposition during the period of further processing, or constantly (stabilisation).

#### 4. Disinfection of the sludge

To increase the sludge concentration, particular use is made of sedimentation in settling tanks or of flotation. In so doing, the mass of the dry substance is not reduced, but the volume is reduced by about 50%. Through sedimentation, only low solids contents can be achieved. To increase the rate of concentration, the use of raking mechanisms in the thickener is known. It is also known to use vibrators. In this way, there is a shakingtogether of the solids and the water is released. Further reaching effects of this mode of operation are not known.

Besides the stabilisation processes, an improvement in the hydroextraction behaviour is achieved through



the addition of flocking additives and by the thermal treatment. It is also known that a homogeneously disperse colloid mass can be achieved by treating activated sludge by high-frequency vibrations (ultrasonic). This process can be used only in conjunction with a following chemico-physical flocculation, because after destruction of the activated sludge flocks, a renewed flock formation is necessary.

Currently, stabilisation takes place mainly by the anaerobic or aerobic processes. A notable reduction in the treatment time is achieved by the enzymatic sludge stabilisation system developed by the applicant. The energy input for this is about 7.5 kWh/m<sup>3</sup> sludge.

Aerobic conditioning processes which act under psychrophilic and mesophilic conditions, have a duration of 10 to 17 days; under thermophilic conditions, times of 3.5 to 5 days are achieved.

The object of the invention is to find a process with which, under good hydroextraction facility of sludges, the conditioning time is greatly reduced. The necessary energy input should be low and the use of chemicals and ferments is to be dispensed with. The sludge should not decompose in the following hydroextraction stage, and its effectiveness should be increased by significant reduction in volume and weight.

The object of the invention is to develop a process which, by ensuring optimum conditions for the development of micro-organisms in hitherto unknown sequence, and through combination of process stages, which have hitherto not been possible to combine industrially, would bring about a change in the distribution of the frequency of individual systematic groups of micro-organisms and by removal of inhibitors formed under natural conditions through over production to achieve an increase in their activity, which would lead to a radical reduction in the overall processing time of the aerobic stabilisation of organic sludges, and to a significant reduction in the volume of the sludges with simultaneous reduction in the mass of the dry substance. By conducting the process under psychrophilic conditions (preferred temperature 285-291

K) and providing for electrokinetic, physicochemical and physico-mechanical fringe conditions, as well as through the action of catalytic activators and dispensing of inhibitors, a significant saving in energy is to be achieved, together with a reduction in the necessary reactor volume.

The applicant has developed a process in which suspensions are filtered through a fine grain filter layer. The removal of the filtered-off substance takes place continuously without interruption of the filtering process, by means of a soiled-water pump discharging the substance from the apparatus which demarcates a certain area, and generates within this, a flow direction counter to the filtration water, and thereby cleanses or washes the filter layer. By means of a rotating roller, the cleansing process of the sand is promoted, as the result of which, a mechanical-hydraulic regeneration of the filter surface is achieved. With the objective of hydroextraction, the following procedure is adopted for charging the filtering mechanism with sludge containing organic substances:

Excess sludge from activated sludge installations (alone and in mixtures with primary sludge, untreated and pre-thickened) is charged on to the filter. The filter is regenerated at given intervals by moving the cleansing drum to and fro. In this manner, filtrate is removed in the anticipated amount from the sludge during filtration. The specific filter resistance does not change significantly during the first 2 to 3.5 hours, depending on the sludge temperature.

After expiry of this time, it was surprisingly found that the structure of the sludge suddenly underwent a complete change. A distinctly visible flocculation occurred, which was structurally different from the amorphous flocks of the activated sludge. On closer examination a very sharp rise was observed in the Redox potential by 300-500 mV and a sudden fall in the specific oxygen consumption of the micro-organisms by 1.2 mg/(1 .min) oxygen. Thereafter, the Redox potential fell sharply by 200-400 mV to + 10 mV. Despite the very short treatment time, there was no decomposition of the sludge during the subsequent natural or mechanical hydroextraction. When continuing the treatment, these parameters deteriorated again during the following 3 to 4 hours, after which, the same effect reoccurred, i.e. sudden reduction in the specific filter resistance and onset of good hydroextraction properties.

The described effect occurred especially when the activated sludge, prior to treatment, was subjected briefly to anaerobic conditions.

It was also found that the effect also occurred when the drum did not enter into the sand layer and when no liquid is filtered off.

In this case, the intensity was however not so marked. The effect is also weaker if additional sludge is introduced during the process after the first 90 minutes.

When the drum did not function within the enclosed compartment, there was only a single change in the sludge structure.

On the basis of this discovery, the objective is thus achieved in that sludge, containing at least 0.5% organic dry substance is excited constantly or at given intervals to a frequency of at least  $0.3 \text{ s}^{-1}$ , while at the same time injecting oxygen.

The excitation and oxygen injection may take place simultaneously throughout the whole reactor volume, but it is advantageous to demarcate a part volume to make full use of the discovered effect, and that this part volume should be continuously or intermittently moved through the conditioning reactor. In this way, at given cycles, the entire sludge volume is caused to oscillate and is aerated in successive sections. After two to five hours treatment time, it is necessary to maintain anaerobic conditions outside the demarcated region. By changing the locality of this demarcated region within the reaction, there is a constant change in aerobic and anaerobic conditions, which is necessary for the second phase of the sludge conditioning.

It is envisaged treating the sludge to achieve a Redox potential increase of 300-500 mV. After a treatment time of 90 to 180 minutes, there is no further sludge addition. Moreover, prior to aeration, the sludge is subjected to an anaerobic state for 30 to 120 minutes. A preferred frequency range of  $0.6$  to  $1.25 \text{ s}^{-1}$  is selected. The preferred content of organic dry substance is 16 to 40 g/l. The process is intensified by the fact that the sludge is subjected to continuous hydroextraction during the treatment. The gaseous metabolic products are removed from the sludge, particularly by the aeration. Dissolved products are constantly removed with the filtrate.

In addition, there is a sludge-washing. The hydroextraction properties of the sludge are greatly improved if, during the treatment, a granular material is added to the sludge, with a density different from that of water.

Various methods can be applied for inducing oscillation/vibration, for example, rotating bodies or vibrators.

All process conditions are particularly advantageously effected if the sludge is applied to a granular filter layer. In this case, excitation is induced by a rotating body. This is located within a demarcated area which is moved over the filter surface. By this means, several additional effects are achieved:

- ~Regeneration of the filter layer for sludge hydroextraction;
- ~Agitation of the sand for improving the degree of dispersion;
- ~Aeration in a demarcated, changing locality region.

The treatment, according to the method of the invention, leads initially to the consumption of the exogenic energy sources, after which the endogenic breathing takes place.

Due to the high concentration of organic substances, the above-average breathing activity of the micro-organisms, and the process-related absence of natural inhibitors, the existing mass population of bacteria suddenly dies off, as the result of which, the resultant biopolymers, the high molecular protein compounds and the external cell polymers adsorbed on the cell outer walls, give rise to a flocculation process. The flock formation can be promoted in that a granular material (e.g. sand) is agitated with the sludge, as the result of which, the mechanical effect of the excitation on the sludge degree of dispersion is greatly intensified.

By this time, because of the sharply increased Redox potential, the majority of pathogenic bacterial will have died off. The specific oxygen consumption suddenly drops to the value of endogenic breathing ( $AA = 1.2 \text{ mgO}_2 (1 \text{ min})$ ), with simultaneous fall-off in the pH-value. At this time, the sludge is technically stabilised, i.e. permanently incapable of putrefaction, odourless and hydroextractable, reduced in volume to more than 50% and the dry substance is reduced by more than 20% in relation to the starting amount.

If the process is continued beyond this stage in the same manner, such that outside the demarcated region, anaerobic conditions are maintained, then during the next 3 to 4 hours, a highly-effective, combined nitro- and denitrification of the nitrogen compounds takes place.

Following the consumption of the exogenic energy sources, the inner reserves are attacked (polysaccharides, fats). The endogenic breathing consumes these substances, after which, oxidation of the cell protein finally takes place. At the same time, the process of oxidation commences of the ammonium, released during the biochemical oxidation of the organic substances, to give  $\text{NO}_2$  and  $\text{NO}_3$ .

Since this process is oxygen intensive, the specific oxygen consumption increases sharply. If the oxygen supply is restricted to a demarcated area moving over the liquid surface, then intensive nitrification processes take place in this area, with nitric acid being released. If it is not removed from the system, this leads to a reduction in the pH-value, and associated therewith, a delay in the process time.

If the demarcated, oxygen-enriched area moves further, then because of the very high specific oxygen consumption in the nitrification processes, the dissolved oxygen will be completely consumed within a few minutes.

By virtue of the property of the denitrifying bacteria as facultative anaerobic micro-organisms, they become active at this instant.

Through using the killed bacteria (due to endogenic breathing) as an organic substance which serves as a hydrogen donor, and the nitric acid formed during the nitrification, then under anaerobic conditions, the dissimilative nitrate reduction to  $\text{N}_2$  is brought about through these bacteria. In parallel with this, the assimilative nitrate reduction takes place to organic nitrogen (cellular protein).

After 3-4 hours, there is again a sudden change in the sludge properties. It becomes readily hydroextractable. Further addition of oxygen contributes to the fact that due to the renewed formation of micro-organisms, the still present biologically decomposable organic substances become oxidised. At this time, the sludge is reduced to about 9% of its starting volume and to about 70% of the mass of the dry substance. After a further 2 to 4 hours, the volume reduces to less than 5%, and the mass of the dry substance to less than 20%, with good hydroextraction properties.

Due to the ability of the bacteria, during times of shortage of life-important elements (carbon, nitrogen, sulphur, phosphorus, oxygen) to attack its internal reserves, there is an intracellular impoverishment of important elements. If after these periods of shortage, the bacterial reach areas having an excess of these elements, then over-compensation takes place. By means of the process according to the invention, there is a hitherto unknown intensification of the biotechnique, without addition of enzymes or chemicals under psychrophilic conditions, as the result of which reaction times including sludge thickening, of 4 to 12 hours are achieved, compared with 3.5 to 5 days with the thermophilic and mesophilic aerobic sludge stabilisation with lower energy and capital costs. Through reducing the mass (weight) and the volume of the organic sludge and the lower specific filter resistance, the subsequent hydroextraction becomes more effective by 300 to 500%; the sludge thickeners for pre- and post-purification are completely superfluous.

The invention will now be described on the basis of an embodiment: In an effluent treatment plant with 210000 m<sup>3</sup>/d daily capacity, there occurs 1470 m<sup>3</sup>/d primary sludge with a dry substance content of 40 g/l (of which 65% organic dry substance), 5026 m<sup>3</sup>/d activated sludge with a dry substance content of 15 g/l, and 1470 m<sup>3</sup>/d activated sludge with a dry substance content of 1%.

In two stacker pockets, the incident sludge, after intensive aeration, is subjected, in alternate direction for 0.5 to 2 hours to anaerobic conditions. The psychrophilic aerobic/anaerobic sludge stabilisation takes place in open basins of 1.5 m depth. On the sealed bottom there is a drainage layer of 0.1 m thickness with a drainage tube per running basin width in sand of grain size 0.6-1.2 mm. Above this is a fine sand layer of 30 cm of grain size 0.4-0.63 mm. The free basin depth is 1.1.

m. Mobile in the length direction, the basin is provided with a device in which, in an enclosed space, a rotating roller agitates both the upper layer of the fine sand filter, and injects oxygen into the sludge, while at the same time, expels the forming gaseous metabolic products of the micro-organisms. In addition, the oxygen injection into the apparatus during the process with very high specific oxygen requirement, can be supported by providing additional aerators.

The sludge, subjected to anaerobic conditions in the stacker vessel, is fed over a period of 20-60 minutes, via an intensive aeration mechanism, in a quantity of 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> filter area, into the basins for the psychrophilic aerobic/anaerobic sludge stabilisation.

From the commencement of filling, the apparatus is moved over the basin in the length direction, at a speed of 1.5 m/min, while the roller revolves at a speed of 60 s-l and penetrates into the fine sand layer to a depth of 4-6 cm.

The Redox potential rises from - 200 mV to + 100 to 400 mV and above. The specific oxygen requirement also rises to 1.8-2.0 mg O<sub>2</sub>/ (1 .min), and suddenly drops off after 90-120 minutes to 1.2-0.5 mg O<sub>2</sub>/(1 .min).

A similar trend is observed with the pH-value.

Besides the high oxygen input and the ejection of inhibitors of the metabolic process, the apparatus achieves a very good intermixing and dispersion of the sludge, with the result that very good living conditions are achieved for the micro-organisms which decompose organic substances.

After 90-180 minutes, about 40% of the liquid phase is removed as filtrate containing the dissolved, biochemically difficult to decompose substances, as well as other dissolved compounds. The exogenic breathing of the existing mass population comes to an end.

These bacteria die off-there begins the phase of endogenic breathing and the nitrification of the resultant ammonium. The water-release facility of the sludge diminishes significantly. In this stage, the sludge is permanently incapable of decomposing and can be fed for composting, hydroextraction or for other further processing.

If the treatment is continued, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> is oxidized to HNO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub> through nitrifying bacteria. In order to avoid a severe pH-value reduction which would occur under these conditions, (caused by the resultant nitric acid), HNO<sub>2</sub> and HNO<sub>3</sub> are reduced in parallel, and simultaneously to the nitrification process in the anaerobic state, to gaseous N<sub>2</sub> through facultative anaerobic denitrificants in the same water body.

This process is made possible by the fact that in the apparatus, a technically attainable oxygen saturation is established. Outside the apparatus, because of the nitrification process, very high specific oxygen requirements (in excess of 3 mg O<sub>2</sub>/(1.min)) of the dissolved oxygen is consumed completely within a few minutes. During the now existing anaerobic state, the resultant nitric acid is immediately reduced. This process continues until the apparatus again produces water saturated with oxygen, after which, the nitrification and denitrification takes place alternatively.

Due to the constant agitation of the filter sand, in addition to the good dispersion of the sludge, there is a solids phase for growing bacteria, as the result of which, far more favourable conditions exist for the regeneration than in the water substance.

After 4-5 hours, this process attains its peak. The water-release capacity of the sludge suddenly improves again while the specific filter resistance of the output sludge falls from 2.66 x 10<sup>10</sup> cm/g to 1.98 . 10<sup>11</sup> cm/g.

After 5-7 hours, 80-92% of the liquid phase of the sludge is released as filtrate. The weight of the whole dry substance introduced is reduced to 18%. The sludge is no longer capable of decomposing.

The pathogenic bacteria can no longer live, because of the high rise in the Redox potential during the treatment. The remaining sludge can be dehydrated in further stages and, because of the low specific filter resistance and the good hydroextraction properties, a high level of efficiency can be attained.

Moreover, because the nitrogen compounds are no longer present to disrupt the thickening and flocculation process, there is now a more favourable pH-value range for the colloid system combined with an advantageous electrokinetic potential.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

## Claims

## CLAIMS

1. Process for conditioning organic sludge, wherein the sludge is excited with mechanical energy or vibrations/oscillations, characterised in that a sludge, containing at least 0.5% organic dry substance is introduced constantly or at predetermined intervals, excited to a frequency of at least 0.3 s- while at the same time, oxygen is injected.
2. Process according to Claim 1, wherein the excitation and the injection of oxygen takes place in a restricted area of the sludge located in a conditioning reactor, such that this area is moved through the conditioning reactor constantly or at predetermined intervals of time.
3. Process according to Claims 1 and 2, wherein, after 2-5 hours' treatment time, anearobic conditions are established outside the restricted area.
4. Process according to Claims 1 and 2, wherein the sludge is treated up to a point when the Redox potential is increased by 300-500 mV.
5. Process according to Claims 1 and 2, wherein no further sludge is added after 90-180 minutes following commencement of the treatment.
6. Process according to Claims 1 and 2, whereby the sludge prior to the injection of oxygen, is subjected for 30-120 minutes to an anaerobic condition.
7. Process according to Claim 1, wherein the sludge, with 16 to 40 g/l organic dry substance, is excited constantly or at predetermined intervals, to a frequency of 0.6-1.2 s
8. Process according to Claims 1 and 2, wherein water is continuously extracted from the sludge during the treatment.
9. Process according to Claims 1 and 2, wherein the gaseous metabolic products are extracted from the sludge.
10. Process according to Claims 1 and 2, wherein the sludge is washed during the treatment.
11. Process according to Claims 1 and 2, wherein during the treatment, a granular material with a density differing from that of water, is added to the sludge.
12. Process according to Claims 1 and 2, wherein a rotating body is used to induce the oscillation /vibration .
13. Process according to Claims 1, 2, 8, 11, 12 wherein the sludge is applied to a granular filter layer, and excited by the rotating body, such that at predetermined intervals of time, the upper region of the filter layer is agitated by the rotating body, and the filter grain is brought into contact with the sludge.
14. Process according to Claims 1 and 2, wherein the oscillations/vibrations are induced by a vibrator.
15. Process for conditioning organic sludge substantially as herein described.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2